

Original document

# FREQUENCY STABILIZED LIGHT SOURCE

Patent number: JP9298511

Publication date: 1997-11-18

Inventor: TAKATSU TATSUHIKO

Applicant: ANDO ELECTRIC

Classification:

- international: **H04B10/04; H04B10/06; H04B10/14; H04B10/04; H04B10/06; H04B10/14; (IPC1-7):**  
H04B10/14; H01S3/103; H04B10/04; H04B10/06

- european:

Application number: JP19960109601 19960430

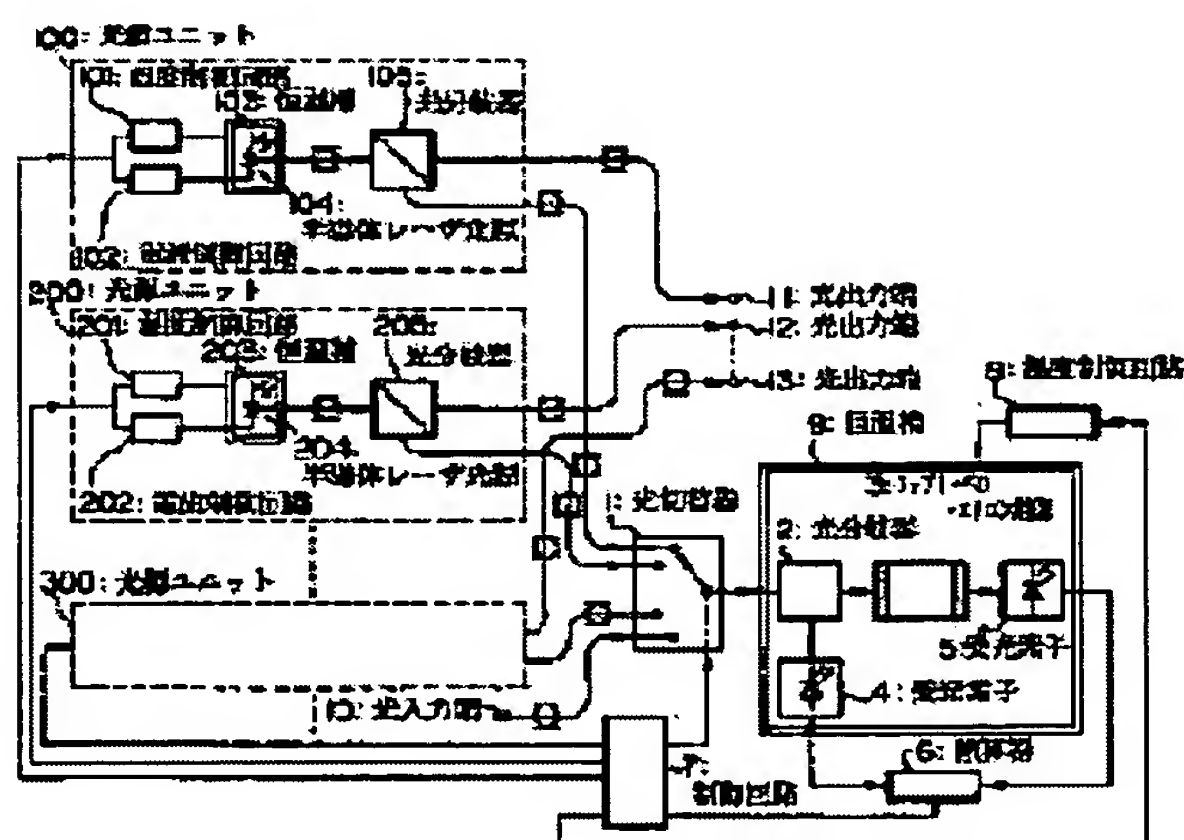
Priority number(s): JP19960109601 19960430

View INPADOC patent family

Report a data error here

## Abstract of JP9298511

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make the frequency of each output light stable so as to be located at a prescribed frequency interval without strictly managing an oscillated frequency of each semiconductor laser beam source in the case of generating a plurality of output lights by a plurality of semiconductor laser beam sources. **SOLUTION:** A control circuit 7 uses an optical changeover device 1 to select any of output lights of light source units 100-300, and the selected light passes through a Fabry-Perot etalon resonator 3. A quotient on which a transmittivity of the Fabry-Perot etalon resonator 3 is reflected is obtained from a divider 6. The control circuit detects a frequency error between the frequency of an output light of the light source unit and the target value based on the quotient and adjusts a temperature and a drive current of the semiconductor laser beam source of the light source unit based on the frequency error.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] By controlling the temperature and the drive current of the semiconductor laser light source, two or more light source units which can adjust the frequency of output light, The optical switcher which chooses the output light of the light source unit of one among said two or more light source units, The 1st photo detector, a Fabry Perot etalon resonator, and the optical turnout that branches and supplies the output light chosen by said optical switcher to said the 1st photo detector and said Fabry Perot etalon resonator, The 2nd photo detector which receives the transmitted light of said Fabry Perot etalon resonator, The means which maintains said 1st photo detector, a Fabry Perot etalon resonator, an optical turnout, and the 2nd photo detector at constant temperature, The divider which does the division of each output signal of said 1st and 2nd photo detectors, Choose the output light of a light source unit through said optical switcher, and it is based on the division result obtained from said divider when the output light of this selected light source unit penetrates said Fabry Perot etalon resonator. The frequency stabilization light source characterized by providing the control means which the target frequency to which the frequency of the output light of the light source unit concerned was set corresponding to the light source unit concerned by adjusting the temperature and the drive current of the semiconductor laser light source of the light source unit concerned is made to stabilize.

[Claim 2] The frequency stabilization light source according to claim 1 to which said target frequency is characterized by being a frequency near [ where the permeability of said Fabry Perot etalon resonator serves as the maximum ] the resonance frequency.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the frequency stabilization light source possessing the function which stabilizes the frequency of each output light so that the light source which outputs respectively two or more kinds of light from which the frequency differed in frequency multiplex optical communication etc. may be started, especially the frequency of each output light may serve as constant frequency spacing or spacing of the integral multiple of constant frequency.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 4 shows the example of 1 configuration of the sending set of the frequency multiplex optical transmission system which applied the conventional frequency stabilization light source. This sending set is constituted by two or more transmitting units 400-600 and optical multiplexing machines 30. In addition, although two or more transmitting units exist also among the transmitting units 500 and 600, illustration is omitted about those transmitting units.

[0003] The transmitting unit 400 is constituted by the frequency criteria 401, the semiconductor laser light source 402, a thermal control circuit 403, the current control circuit 404, the control circuit 405, the thermostat 406, and the optical modulator 407 like illustration. Other transmitting units 500 and 600 and -- also have the same internal configuration as this transmitting unit 400.

[0004] In the transmitting unit 400, the semiconductor laser light source 402 is held in the thermostat 406. And the temperature of this thermostat 406 is controlled by the thermal control circuit 403. Moreover, the drive current of the semiconductor laser light source 402 is controlled by the current control circuit 404. Although the semiconductor laser light source 402 is oscillated by giving this drive current and output light is emitted, the oscillation frequency in that case will be influenced by the current value of a drive current, and the temperature of a thermostat 406. A part of output light obtained from the semiconductor laser light source 402 is outputted to the frequency criteria 401. These frequency criteria 401 are a means to measure the frequency of the output light of the semiconductor laser light source 402. A control circuit 405 adjusts the set point of a thermal control circuit 403 and the current control circuit 404 based on the frequency of the output light of the semiconductor laser light source 402 measured by these frequency criteria 401, and stabilizes the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 402 in a fixed frequency.

[0005] Thus, the reason for stabilizing the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 402 on the basis of the frequency criteria 401 is because the oscillation frequency accuracy and stability of the semiconductor laser light source 402 run short to the engine performance for which frequency multiplex optical communication is asked.

[0006] The output light of the semiconductor laser light source 402 is outputted to an optical modulator 407. An optical modulator 407 modulates the output light of the semiconductor laser light source 402 with the electrical signal supplied through the signal input edge 408. The output light modulated by the modulator 407 is outputted to the optical multiplexing machine 30. The optical multiplexing machine 30 multiplexes and outputs the output light of the transmitting unit 400, and the output light of other transmitting units to a fiber-optics-communication cable from the optical output edge 31.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As explained above, in the sending set of the frequency multiplex optical transmission system by the conventional technique, frequency stabilization of the semiconductor laser light source was performed in each transmitting unit. Therefore, frequency criteria also needed to be prepared in each transmitting unit.

[0008] Moreover, in optical frequency multiplex communication, since frequency spacing with an adjacent channel is narrow, it is easy to generate crosstalk. In order to prevent this crosstalk, it is necessary to manage the frequency of each channel so that frequency spacing with an adjacent channel may become always fixed. However, it was economically [ technically and ] impossible to have measured and managed several GHz to dozens of GHz frequency spacing with a certain adjacent channel. So, with the sending set of the frequency multiplex optical transmission system by

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

the conventional technique, by controlling the frequency of the semiconductor laser light source of each transmitting unit itself by a severe precision and constancy, fluctuation of frequency spacing with an adjacent channel was suppressed, and crosstalk was coped with. For this reason, the sending set became expensive.

[0009] Even if this invention is made in view of the situation explained above and does not manage strictly the oscillation frequency of each semiconductor laser light source itself, it aims at offering the frequency stabilization light source which can stabilize the frequency of the output light corresponding to each channel so that it may become constant frequency spacing or spacing of the integral multiple of constant frequency.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The invention-in-this-application person asked the Fabry Perot etalon resonator for a clue for solving the above-mentioned technical problem. This Fabry Perot etalon resonator has the light transmission property which resonates at intervals of constant frequency so that it may illustrate to drawing 3. Moreover, although each resonance frequency of a Fabry Perot etalon resonator is changed according to various factors, each of each resonance frequency is changed in this direction in that case. Therefore, if control which makes in agreement with each resonance frequency of this Fabry Perot etalon resonator each frequency of the signal light of each channel which a sending set outputs can be performed, it will be thought that adjacent channel spacing of the signal light of each channel can be kept constant. Then, the invention-in-this-application person decided to examine the solution means of the technical problem of this invention by using this Fabry Perot etalon resonator.

[0011] First, coincidence is made to carry out incidence of the output light corresponding to each channel obtained from two or more semiconductor laser-on the other hand light source as law for performing the above control to one Fabry Perot etalon resonator, and how to measure frequency spacing of the semiconductor laser light source can be considered by detecting the permeability of the Fabry Perot etalon resonator in that case.

[0012] However, it is impossible as an actual problem to enforce this approach. Although it is necessary to separate and measure the quantity of light of the transmitted light obtained from a Fabry Perot etalon resonator for every channel if this approach shall be enforced, it is because a photo detector cannot perform such measurement.

[0013] In accordance with two or more optical paths, incidence of each output light obtained from two or more semiconductor laser light sources as an option is carried out to a large-sized Fabry Perot etalon resonator, and how to separate and detect permeability for every output light of each semiconductor laser light source can be considered by receiving each transmitted light obtained from this Fabry Perot etalon resonator by two or more photo detectors arranged on extension of two or more above-mentioned optical paths.

[0014] However, when this approach is enforced, a gap arises in resonance frequency by dispersion on manufacture between each optical path which passes a Fabry Perot etalon resonator. Thus, if resonance frequency shifts, taking advantage of the description of a Fabry Perot etalon resonator, adjacent channel spacing cannot be kept constant. Moreover, a large-sized Fabry Perot etalon resonator is difficult to fully perform temperature control, and a temperature gradient tends to produce it by the part of a Fabry Perot etalon resonator. And when a temperature gradient produces at least each part of a Fabry Perot etalon resonator in between, it will originate in this temperature gradient and a gap will arise in resonance frequency between each optical path.

[0015] As a result of repeating the above examination, the invention-in-this-application person reached the conclusion that the following means must be provided despite a join office, in order to solve the technical problem of this invention.

[0016] a. Each output light obtained from two or more semiconductor laser light sources should make the Fabry Perot etalon resonator penetrate in accordance with a single optical path.

[0017] b. When a Fabry Perot etalon resonator is made to carry out incidence of the output light of

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



all the semiconductor laser light sources to coincidence in accordance with a single optical path, it becomes difficult to separate and measure the transmitted light obtained from a Fabry Perot etalon resonator for every semiconductor laser light source. Then, the output light of the semiconductor laser light source of one is chosen among each semiconductor laser light source, and this selected output light is supplied to a Fabry Perot etalon resonator, and suppose that the permeability corresponding to the semiconductor laser light source concerned is measured.

[0018] This invention offers the concrete means based on the above-mentioned conclusion.

Invention concerning claim 1 by controlling the temperature and the drive current of the semiconductor laser light source. Namely, two or more light source units which can adjust the frequency of output light, The optical switcher which chooses the output light of the light source unit of one among said two or more light source units, The 1st photo detector, a Fabry Perot etalon resonator, and the optical turnout that branches and supplies the output light chosen by said optical switcher to said the 1st photo detector and said Fabry Perot etalon resonator, The 2nd photo detector which receives the transmitted light of said Fabry Perot etalon resonator, The means which maintains said 1st photo detector, a Fabry Perot etalon resonator, an optical turnout, and the 2nd photo detector at constant temperature, The divider which does the division of each output signal of said 1st and 2nd photo detectors, Choose the output light of a light source unit through said optical switcher, and it is based on the division result obtained from said divider when the output light of this selected light source unit penetrates said Fabry Perot etalon resonator. Let the frequency stabilization light source characterized by providing the control means which the target frequency to which the frequency of the output light of the light source unit concerned was set corresponding to the light source unit concerned is made to stabilize by a summary by adjusting the temperature and the drive current of the semiconductor laser light source of the light source unit concerned.

[0019] Moreover, invention concerning claim 2 makes a summary the frequency stabilization light source according to claim 1 to which said target frequency is characterized by being a frequency near [ where the permeability of said Fabry Perot etalon resonator serves as the maximum ] the resonance frequency.

[0020] In addition, although there was a case where a Fabry Perot etalon resonator was used for frequency criteria in order to realize conventionally the stabilization light source of the precision which can be used for frequency multiplex optical communication, the separate Fabry Perot etalon resonator was prepared for every semiconductor laser light source also in this case, and frequency stabilization was performed. Therefore, the property in which adjacent channel spacing which the Fabry Perot etalon resonator has hardly changed was not fully able to be used.

[0021]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing.

[0022] A. 1st operation gestalt drawing 1 is the block diagram showing the configuration of the 1st operation gestalt of this invention. This operation gestalt has two or more light source units 100-300. In addition, these illustration is omitted, although it sets to drawing 1 and two or more of other light source units exist among the light source units 200-300.

[0023] First, the configuration of the light source unit 100 is described. A thermal control circuit 101 stabilizes the temperature of a thermostat 103 according to the desired value directed by the control circuit 7. The current control circuit 102 stabilizes the drive current of the semiconductor laser light source 104 according to the desired value directed from the control circuit 7. Thus, accommodation of the desired value of the temperature of the semiconductor laser light source 104 and a drive current is made under control by the control circuit 7, and control of the frequency of the output light of the semiconductor laser light source 104 is performed.

[0024] The optical turnout 105 dichotomizes the output light of the semiconductor laser light source 104, and outputs one branching light from the optical output edge 11. The branching light of another

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

side obtained from the optical turnout 105 is sent to the optical switcher 1 as a signal light for optical frequency detection.

[0025] As mentioned above, although the light source unit 100 was explained, other light source units 200-300 have the same configuration as this light source unit 100.

[0026] Each light source units 100-300 output output light to the optical output edges 12-13 respectively. Each light source units 100-300 output the signal light for optical frequency detection to the optical switcher 1 at coincidence. The optical switcher 1 chooses one out of the signal light outputted from each light source unit, and outputs it to the optical turnout 2. Selection of the output light of each light source unit by this optical switcher 1 is performed under control by the control circuit 7.

[0027] The signal light supplied to the optical turnout 2 from the optical switcher 1 dichotomizes, and is respectively supplied to a photo detector 4 and the Fabry Perot etalon resonator 3. The signal light inputted into the photo detector 4 is changed into the electrical signal corresponding to the optical reinforcement of the signal light concerned, and is supplied to a divider 6 as a divisor.

[0028] On the other hand, the signal light inputted into the Fabry Perot etalon resonator 3 penetrates the Fabry Perot etalon resonator 3, and is supplied to a photo detector 5. According to the transparency property of the Fabry Perot etalon resonator 3, attenuation is given to signal light by the attenuation factor according to the frequency of the signal light concerned in the case of this transparency. The signal light which penetrated the Fabry Perot etalon resonator 3 and was supplied to the photo detector 5 is changed into the electrical signal corresponding to the optical reinforcement of the signal light concerned, and is outputted to a divider 6 as a dividend.

[0029] A divider 6 does the division of the dividend supplied from the photo detector 5 by the divisor supplied from the photo detector 4, and outputs the division value acquired as a result to a control circuit 7. Here, the former divisor is reflecting the signal luminous intensity before penetrating the Fabry Perot etalon resonator 3, and the latter dividend shows the signal luminous intensity after penetrating the Fabry Perot etalon resonator 3. Therefore, the division value acquired from a divider 6 becomes a thing reflecting the permeability of the Fabry Perot etalon resonator 3 to the signal light concerned. Then, when the multiplier K which can be uniquely found from the branching ratio of the optical turnout 4 and the sensibility of photo detectors 4 and 5 takes an advantage to the division value acquired from this divider 6, he is trying to ask for the permeability of the Fabry Perot etalon resonator 3 with this operation gestalt.

[0030] The frequency characteristics of the permeability of a Fabry Perot etalon resonator are shown in drawing 3. A Fabry Perot etalon resonator shows a permeability property like drawing 3 for a laser beam resonating between the reflectors of a parallel pair, and a standing wave occurring. Therefore, resonance arises for every integral multiple of the frequency which a standing wave generates, and a laser beam penetrates. That is, a laser beam will penetrate at intervals of constant frequency.

[0031] The optical turnout 2 and the Fabry Perot etalon resonator 3 which were explained above, and photo detectors 4 and 5 are stored in the thermostat 9, and the temperature in this thermostat 9 is controlled by the thermal control circuit 8. Therefore, the Fabry Perot etalon resonator 3 can be controlled by temperature control which this thermal control circuit 8 performs to predetermined temperature, and, thereby, resonance frequency can be adjusted by it. Temperature control by this thermal control circuit 8 is also performed under control of a control circuit 7, and a thermal control circuit 8 controls the temperature of a thermostat 9 according to the desired value directed from the control circuit 7.

[0032] Next, with reference to drawing 1 and drawing 3, the operation whose control circuit 7 stabilizes the output light of each semiconductor laser light source of the light source units 100-300 based on each resonance frequency of the Fabry Perot etalon resonator 3 is explained.

[0033] First, the optical switcher 1 shall have chosen the signal light of the light source unit 100 under control by the control circuit 7. In this case, the signal light from the light source unit 100 is

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

chosen with the optical change-over vessel 1, this selected signal light passes the optical turnout 2 and the Fabry Perot etalon resonator 3, it is respectively changed into an electrical signal by photo detectors 4 and 5, the division of each electrical signal is done by the divider 6, and the division value acquired as a result is supplied to a control circuit 7.

[0034] A control circuit 7 multiplies by the multiplier K mentioned above to the division value supplied from the divider 6, and asks for the permeability A of the Fabry Perot etalon resonator 3 to the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 104. Subsequently, a control circuit 7 compares this permeability A with the desired value B set up beforehand, and adjusts the desired value of a thermal control circuit 101 or the current control circuit 102 with the controlled variable according to that difference.

[0035] Thus, the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 104 changes by having changed the desired value of a thermal control circuit 101 or the current control circuit 102. And since the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 104 changes, the permeability A of the Fabry Perot etalon resonator 3 changes. Consequently, permeability A will approach the desired value B beforehand set up in the control circuit 7.

[0036] By repeating actuation of adjusting the desired value of a thermal control circuit 101 or the current control circuit 102 with the above procedure, a control circuit 7 changes the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 104, and doubles the permeability A of the Fabry Perot etalon resonator 3 with desired value B.

[0037] Next, a control circuit 7 operates the optical switcher 1, and makes the signal light of the light source unit 200 output to the optical turnout 2. Subsequently, a control circuit 7 multiplies the division value supplied from a divider 6 by the multiplier K, and asks for the permeability C of the Fabry Perot etalon resonator 3 to the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 204.

[0038] Subsequently, a control circuit 7 carries out actuation of doubling the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 204 with the desired value B of the permeability of the Fabry Perot etalon resonator 3 set up beforehand, by adjusting the desired value of a thermal control circuit 201 or the current control circuit 202.

[0039] The example shown in drawing 3 is in each resonance point of the Fabry Perot etalon resonator 3 corresponding to each oscillation frequency of the semiconductor laser light sources 104 and 204 as \*\*\*\*. Each oscillation frequency of the semiconductor laser light sources 104 and 204 is stabilized where the same delta frequency as the delta frequency during each of these resonance points is maintained.

[0040] When it sets up within the limits of the frequency range D which shows the initial value of the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 204 to drawing 3, frequency stabilization of the control circuit 7 is carried out to the permeability E to which the curve of the permeability of drawing 3 intersects desired value B in the oscillation frequency of the semiconductor laser light source 204. This operation shows that the frequency stabilization of the oscillation frequency of each semiconductor laser light source can be carried out to the integral multiple of resonance frequency spacing of the Fabry Perot etalon resonator 3, or resonance frequency spacing by setup of the initial value of the oscillation frequency of the semiconductor laser light source.

[0041] A control circuit 7 repeats like the following the actuation which operates the optical switcher 1 and stabilizes a light source unit in the frequency corresponding to the desired value B of the permeability of the Fabry Perot etalon resonator 3 for the oscillation frequency of the semiconductor laser light source of a sequential change and each light source unit. By the above actuation, the oscillation frequency of the semiconductor laser light source of all light source units will be stabilized by the desired value B of the permeability of the Fabry Perot etalon resonator 3.

[0042] As mentioned above, according to this operation gestalt, by changing a light source unit one by one using the optical switcher 1, the oscillation frequency of the semiconductor laser light source

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



of two or more light source units can be detected using one small Fabry Perot etalon resonator 3, and the oscillation frequency of the semiconductor laser light source of each light source unit can be stabilized to each resonance frequency of the Fabry Perot etalon resonator 3. Moreover, in order not to base the signal light chosen by the optical switcher 1 on whether it is a thing from which light source unit but to always pass the single optical path of the Fabry Perot etalon resonator 3, a gap of the resonance frequency of the Fabry Perot etalon resonator resulting from a gap of the optical path mentioned above is not generated, either.

[0043] Now, in this operation gestalt, although the frequency corresponding to the maximum point F of the permeability of the Fabry Perot etalon resonator shown in drawing 3 is not in agreement to the desired value of the oscillation frequency of the semiconductor laser light source, this is based on the following reasons.

[0044] First, suppose that the Fabry Perot etalon resonator had a transparency property whose frequency corresponding to the maximum point F of the transmission temporarily shown in drawing 3 to the desired value of the oscillation frequency of the semiconductor laser light source corresponds. Moreover, the oscillation frequency of the semiconductor laser light source takes at the beginning for it having been in agreement with the frequency corresponding to this maximum point F. In this condition, supposing it changes the oscillation frequency of the semiconductor laser light source by a certain reason and the transmission of a Fabry Perot etalon resonator falls, the oscillation frequency of the semiconductor laser light source must be changed so that the transmission of a Fabry Perot etalon resonator may serve as the maximum point F.

[0045] However, since it is unknown whether it is a frequency corresponding to permeability H for whether the oscillation frequency of the current semiconductor laser light source is a frequency corresponding to the permeability G of a Fabry Perot etalon resonator, the following troublesome processings are [ that it should judge whether it is which frequency ] needed.

[0046] a. Measure whether change of the permeability of a Fabry Perot etalon resonator becomes in the forward direction, or it becomes in the negative direction by changing the oscillation frequency of the semiconductor laser light source.

b. If change of the permeability of a Fabry Perot etalon resonator is the forward direction, it will be judged that the semiconductor laser light source is oscillating on the frequency of permeability G.

c. If change of the permeability of a Fabry Perot etalon resonator is the negative direction, it will be judged that the semiconductor laser light source is oscillating on the frequency of permeability H.

[0047] However, in having changed the oscillation frequency of the semiconductor laser light source in this way, achievement of the purpose of stabilizing the oscillation frequency of the semiconductor laser light source will be barred on the contrary.

[0048] Moreover, near maximum point F of the permeability of a Fabry Perot etalon resonator, since there is little variation of the permeability per unit frequency, the detection sensitivity of the oscillation frequency drift of a light source unit becomes low.

[0049] Then, the Fabry Perot etalon resonator which has a transparency property whose frequency corresponding to the permeability B shown in drawing 3 instead of a frequency corresponding to the maximum point F of the permeability shown in drawing 3 corresponds is used to the desired value of the oscillation frequency of the semiconductor laser light source, and it was made to stabilize the oscillation frequency of the semiconductor laser light source in this operation gestalt this permeability B as desired value of permeability. That is, by having done in this way, when permeability decreases from desired value B, the oscillation frequency of the semiconductor laser light source is lower than desired value, when permeability increases from desired value B, the oscillation frequency of the semiconductor laser light source will be higher than desired value, and the increase and decrease of the direction of an oscillation frequency will become settled uniquely by the increase and decrease of the direction of permeability. Therefore, it can stabilize to desired value, without operating the oscillation frequency of the semiconductor laser light source unnecessarily. Moreover, it writes as the desired value B which shows the desired value of

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



permeability to drawing 3 , and the oscillation frequency of the semiconductor laser light source can be detected to high sensitivity.

[0050] There is an optical input edge 10 in one of the inputs of the optical switcher 1 in this operation gestalt. When the accuracy of the resonance frequency of a Fabry Perot etalon resonator runs short to the purpose of use, this is used in case processing which inputs the signal light for refer to the frequency, and proofreads a Fabry Perot etalon resonator from the exterior is performed. Here, with reference to drawing 1 , the proofreading processing of a Fabry Perot etalon resonator performed using this optical input edge 10 is explained.

[0051] First, the signal light whose frequency is known is inputted into the optical input edge 10. A control circuit 7 operates the optical switcher 1, and inputs the signal light from the optical input edge 10 into the Fabry Perot etalon resonator 3 through the optical turnout 2. Subsequently, a control circuit 7 asks for the permeability of the Fabry Perot etalon resonator 3 to the frequency of the input signal light of the optical input edge 10 from the output of a divider 6. By the conversion chart or count, a control circuit 7 calculates the desired value of the permeability of the Fabry Perot etalon resonator 3 from the frequency of signal light.

[0052] A control circuit 7 adjusts a thermal control circuit 8 so that permeability and desired value may become equal. The resonance frequency of the Fabry Perot etalon resonator 3 can be stabilized in the frequency of the signal light inputted into the optical input edge 10 by repeating the above actuation. By stabilizing the oscillation frequency of the semiconductor laser light source of all light source units using the Fabry Perot etalon resonator 3 stabilized in the frequency of the signal light inputted into the optical input edge 10, the frequency stabilization of the frequency of the output light of each light source unit can be carried out based on the optical frequency of the signal light inputted into the optical input edge 10.

[0053] B. the 2nd operation gestalt -- explain the 2nd operation gestalt of this invention with reference to drawing 2 below. This operation gestalt makes subordination connection of the frequency stabilization light source, and realizes the subcarrier light source for frequency multiplex optical communication. In drawing 2 , the frequency stabilization light sources 21 and 23 are the same configurations as the equipment of drawing 1 . The frequency stabilization light sources 21 and 23 of drawing 2 are equipped with 15 light source units of drawing 1 .

[0054] With the 193THz band, the frequency of the output light of each light source unit is adjusted so that the initial value of the oscillation frequency of each light source unit may become about 10GHz spacing. This is for using that whose resonance frequency spacing of the Fabry Perot etalon resonator 3 is 10GHz.

[0055] The thermal control circuit in each light source unit can adjust the temperature of a thermostat per 1/1000 degree C. Therefore, the oscillation frequency of the semiconductor laser light source can be adjusted per about 12MHz by the temperature control of the thermal control circuit in each of this light source unit.

[0056] Moreover, the current control circuit in each light source unit can adjust the drive current of the semiconductor laser light source per 0.2nA. Therefore, the oscillation frequency of the semiconductor laser light source can be adjusted per about 0.5MHz by current accommodation of the current control circuit in each of this light source unit.

[0057] The optical switcher 1 is the thing of the method which changes an optical path mechanically, and chooses and outputs one signal light from the optical input of 16 channels. Passage loss of the optical switcher 1 is less than 3dB including dispersion in the passage loss between channels. Time amount until it acquires the division value over the optical frequency of the signal light which the control circuit 7 changed the optical switcher 1 to the adjacent channel, and the optical change-over machine 1 chose from the divider 6 is 0.1 seconds. 2 seconds is taken for the optical switcher 1 to carry out the sweep of all the 16 channels, and to return on a radix point. Therefore, each light source unit receives the control for frequency stabilization at intervals of 2 seconds.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[0058] The thermal control circuit 8 which stabilizes the resonance frequency of the Fabry Perot etalon resonator 3 can adjust the temperature of a thermostat 9 per 1/10000 degree C. A thermal control circuit 8 can keep short-term temperature stability for the temperature of a thermostat 9 at 5/10000 degree C or less in operating temperature limits. The division value outputted from a divider 6 has 0.03% of resolution by permeability conversion. This is converted into the frequency of the signal light which carries out incidence to the Fabry Perot etalon resonator 3, and is set to 0.5MHz.

[0059] The frequency stabilization light sources 21 and 23 constituted from components with such engine performance can be operated independently. When it is made to operate independently, if it is less than one month, it has less than \*\*500MHz frequency accuracy after oscillation frequency proofreading. Oscillation frequency spacing of each light source unit can maintain less than [ 10GHz\*\*50MHz ].

[0060] The frequency criteria light source 20 can output a known oscillation frequency signal light. The output of the frequency criteria light source 20 is inputted into the optical input edge 22 of the frequency stabilization light source 21. The frequency stabilization light source 21 proofreads the resonance frequency of the Fabry Perot etalon resonator built in the frequency stabilization light source 21 by the frequency of the output light of the frequency criteria light source 20 inputted into the optical input 22. By proofreading the frequency stabilization light source 21 with the output light of the frequency criteria light source 20, frequency accuracy of the frequency stabilization light source 21 can be set to less than \*\*100MHz except the frequency accuracy of the output light of the frequency criteria light source 20. The accuracy of oscillation frequency spacing of each light source unit does not change within \*\*50MHz.

[0061] It branches by the optical turnout 25 and the optical output nearest to the frequency which each light source unit of the frequency stabilization light source 23 oscillates in the light source unit of the frequency stabilization light source 21 is inputted into the optical input 24 of the frequency stabilization light source 23. The frequency stabilization light source 23 proofreads the resonance frequency of the Fabry Perot etalon resonator built in the frequency stabilization light source 23 by the frequency of the output light of the frequency stabilization light source 21 inputted into the optical input 24.

[0062] By proofreading the frequency stabilization light source 23 with the output light of the frequency stabilization light source 21, frequency accuracy of the frequency stabilization light source 23 can be set to less than \*\*40MHz except the frequency accuracy of the output light of the frequency criteria light source 20. The accuracy of oscillation frequency spacing of each light source unit built in the frequency stabilization light source 23 is less than \*\*50MHz. The error is set to less than \*\*100MHz although frequency spacing of each light source unit of the frequency stabilization light source 21 and each light source unit of the frequency stabilization light source 23 becomes a 10GHz integral multiple.

[0063] Two or more output light managed by constant frequency spacing by making subordination connection of the frequency stabilization light source like the frequency stabilization light sources 21 and 23 of this operation gestalt can be generated. Moreover, the output light of a large number managed by constant frequency spacing with the small number of subordination connection can be generated by making subordination connection in this way.

[0064] When the oscillation frequency of each light source unit of the frequency stabilization light sources 21 and 23 of the operation gestalt of drawing 2 can be measured, an optical output with more high frequency accuracy can be offered by amending the desired value B of the permeability of the Fabry Perot etalon resonator 3 of drawing 3 currently beforehand held in a control circuit for every light source unit.

[0065]

[Effect of the Invention] According to this invention, in the frequency stabilization light source which generates two or more laser output light of constant frequency spacing using two or more

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

semiconductor laser light sources, even if it does not manage strictly the oscillation frequency of each semiconductor laser light source itself, it is effective in the ability to stabilize the frequency of the output light of each semiconductor laser light source so that it may become constant frequency spacing or spacing of the integral multiple of constant frequency.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the basing-on 1st operation gestalt of this invention frequency stabilization light source.

[Drawing 2] It is the example of the light source for frequency multiplex communication which is the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] They are the frequency characteristics of the permeability of a Fabry Perot etalon resonator.

[Drawing 4] It is the example of the sending set for frequency multiplex optical communication using the conventional technique.

[Description of Notations]

- 1 Optical Switcher
- 2 Optical Turnout
- 3 Fabry Perot Etalon Resonator
- 4 Photo Detector
- 5 Photo Detector
- 6 Divider
- 7 Control Circuit
- 8 Thermal Control Circuit
- 9 Thermostat
- 10 Optical Input Edge
- 11 Optical Output Edge
- 12 Optical Output Edge
- 13 Optical Output Edge
- 100 Light Source Unit
- 101 Thermal Control Circuit
- 102 Current Control Circuit
- 103 Thermostat
- 104 Semiconductor Laser Light Source
- 105 Optical Turnout
- 200 Light Source Unit

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

201 Thermal Control Circuit  
 202 Current Control Circuit  
 203 Thermostat  
 204 Semiconductor Laser Light Source  
 205 Optical Turnout  
 300 Light Source Unit

[Translation done.]

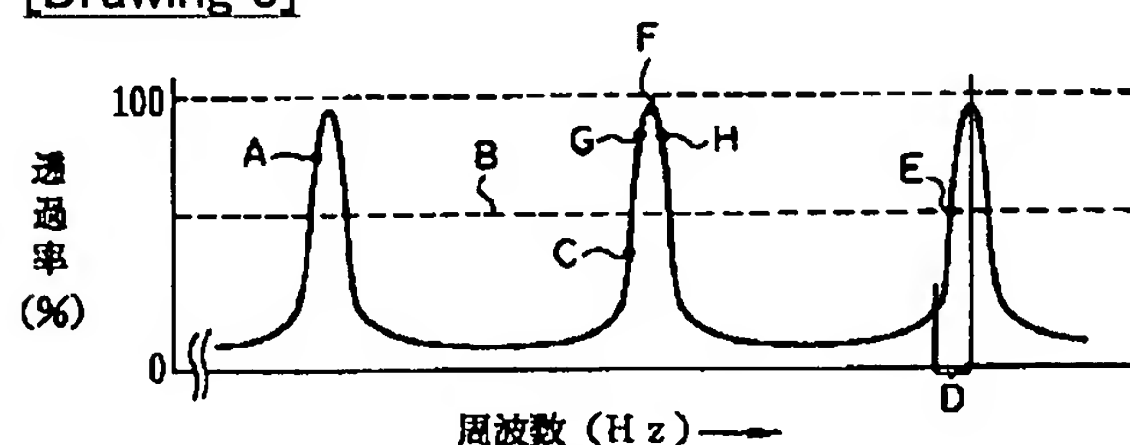
\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

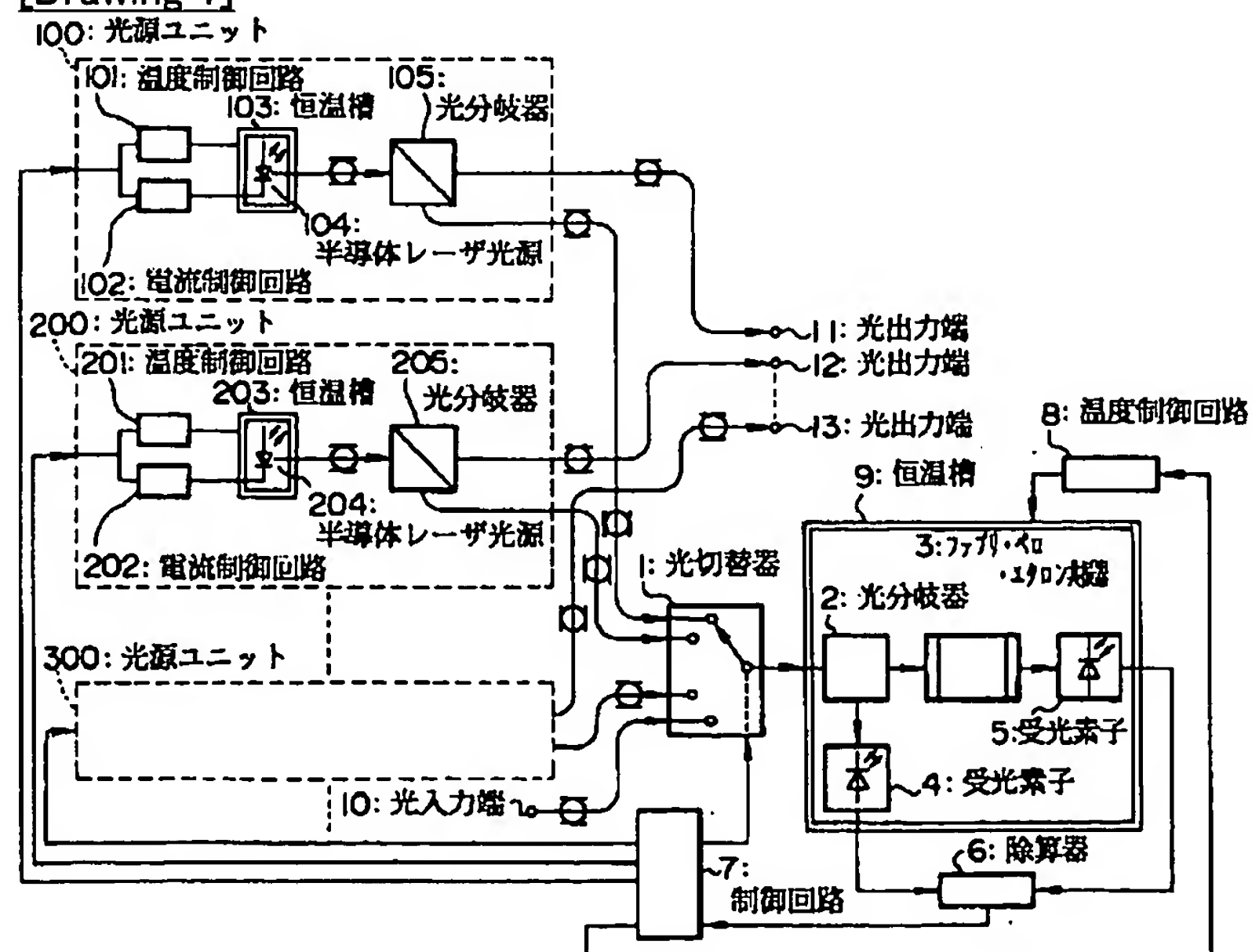
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 3]



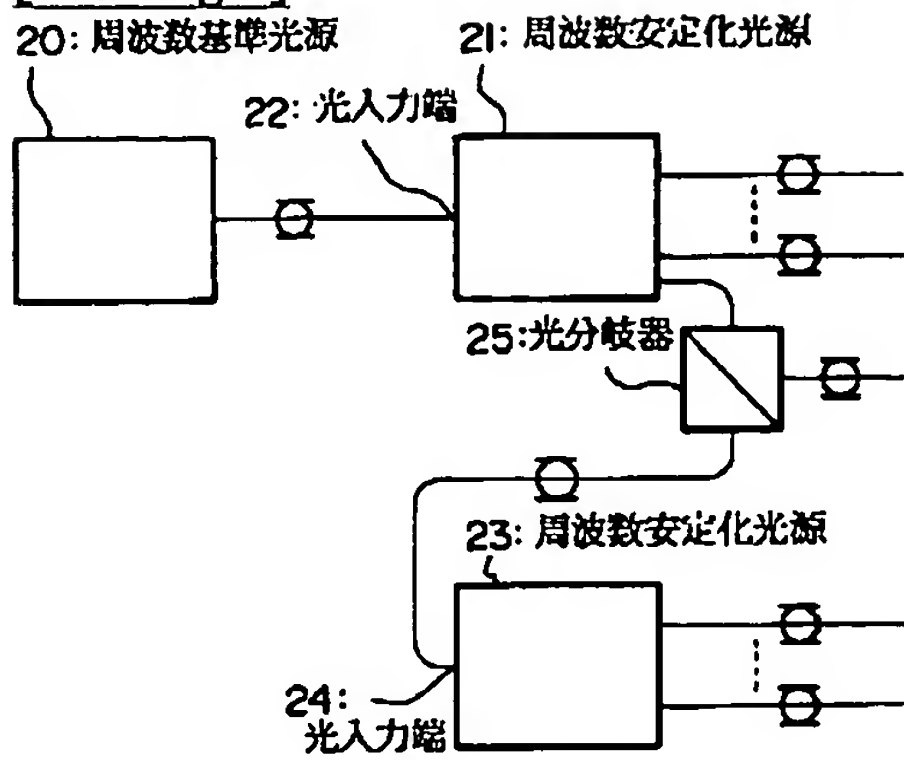
[Drawing 1]



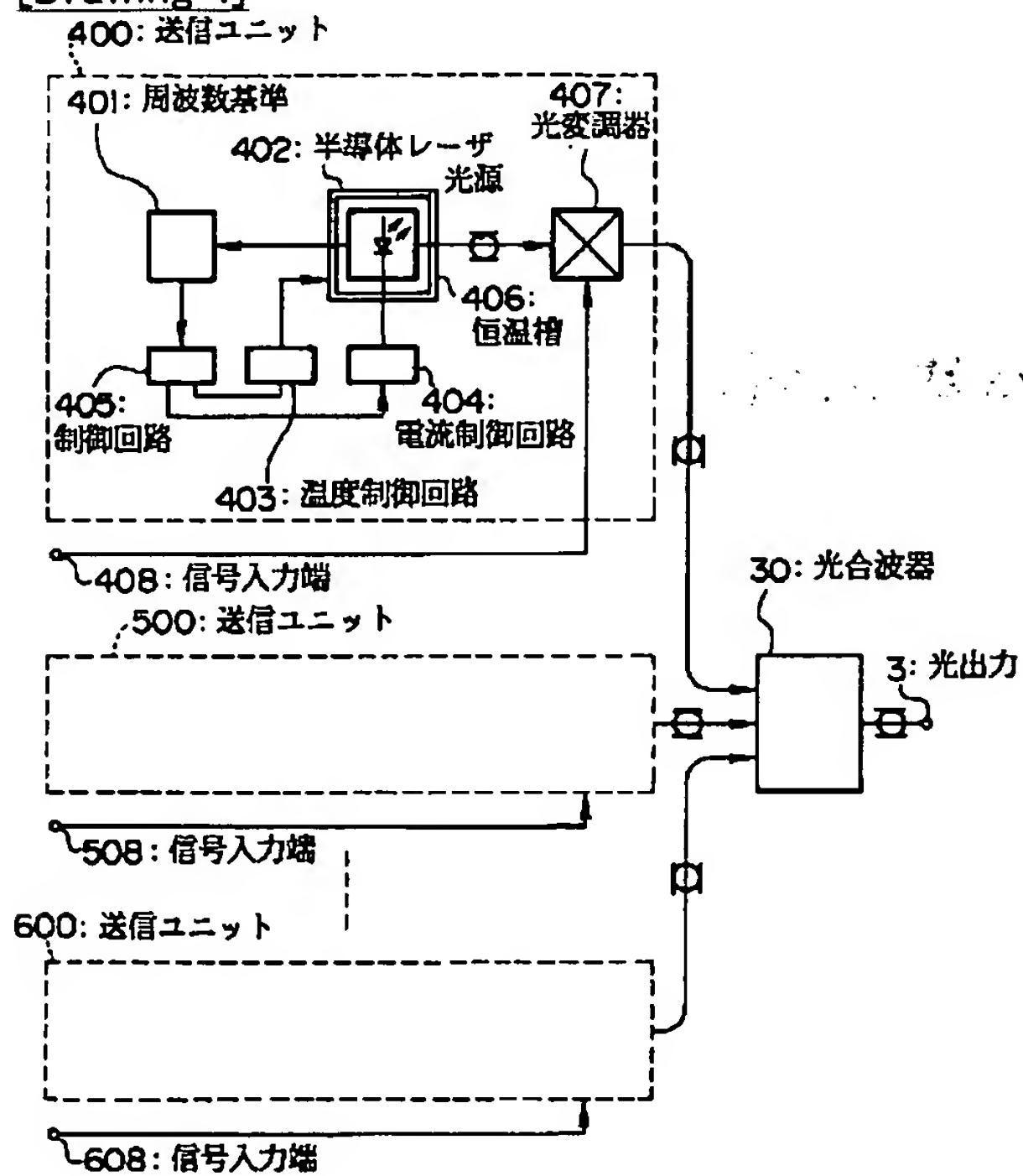
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Drawing 2]



[Drawing 4]



[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-298511

(43) 公開日 平成9年(1997)11月18日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
H 0 4 B	10/14		H 0 4 B	9/00	S
	10/06		H 0 1 S	3/103	
	10/04				
H 0 1 S	3/103				

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-109601

(22) 出願日 平成8年(1996)4月30日

(71) 出願人 000117744

安藤電気株式会社

東京都大田区蒲田4丁目19番7号

(72) 発明者 高津 辰彦

東京都大田区蒲田4丁目19番7号 安藤電気株式会社内

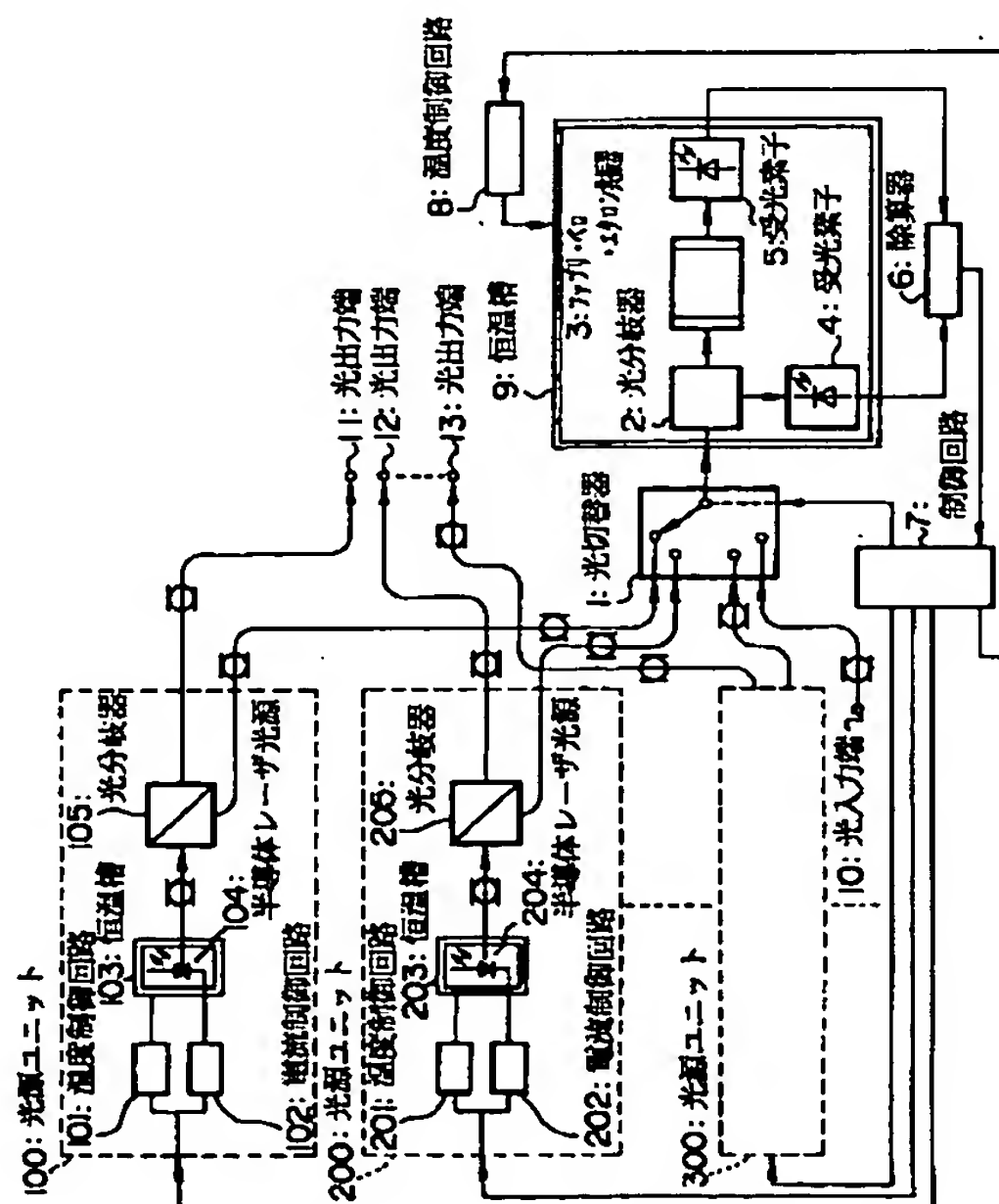
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54) 【発明の名称】 周波数安定化光源

(57) 【要約】

【課題】 複数の半導体レーザ光源により複数の出力光を発生する際、個々の半導体レーザ光源の発振周波数自体を厳密に管理しなくても、各出力光の周波数を一定周波数間隔となるように安定化し得るようにする。

【解決手段】 制御回路7は、光切替器1により、光源ユニット100~300の出力光を選択し、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3を透過させる。除算器6からは、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率を反映した除算値が得られる。制御回路は、この除算値から当該光源ユニットの出力光の周波数とその目標値との間の周波数誤差を検出し、該周波数誤差に基づいて当該光源ユニットの半導体レーザ光源の温度および駆動電流を調節する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザ光源の温度および駆動電流を制御することにより出力光の周波数の調節が可能な複数の光源ユニットと、  
前記複数の光源ユニットのうちの光源ユニットの出力光を選択する光切替器と、  
第1の受光素子と、  
ファブリ・ペロ・エタロン共振器と、  
前記光切替器によって選択された出力光を分岐し、前記第1の受光素子および前記ファブリ・ペロ・エタロン共振器に供給する光分岐器と、  
前記ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過光を受光する第2の受光素子と、  
前記第1の受光素子、ファブリ・ペロ・エタロン共振器、光分岐器および第2の受光素子を一定温度に保つ手段と、  
前記第1および第2の受光素子の各出力信号の除算を行う除算器と、  
前記光切替器を介して光源ユニットの出力光を選択し、この選択された光源ユニットの出力光が前記ファブリ・ペロ・エタロン共振器を透過することにより前記除算器から得られる除算結果に基づき、当該光源ユニットの半導体レーザ光源の温度および駆動電流を調節することにより当該光源ユニットの出力光の周波数を当該光源ユニットに対応して定められた目標周波数に安定化させる制御手段とを具備することを特徴とする周波数安定化光源。

【請求項2】 前記目標周波数が前記ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率が極大となる共振周波数の近傍の周波数であることを特徴とする請求項1記載の周波数安定化光源。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、周波数多重光通信等において周波数の異なった複数種類の光を各々出力する光源に係り、特に各出力光の周波数が一定周波数間隔または一定周波数の整数倍の間隔となるように各出力光の周波数を安定化する機能を具備した周波数安定化光源に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図4は、従来の周波数安定化光源を適用した周波数多重光通信システムの送信装置の一構成例を示すものである。この送信装置は、複数の送信ユニット400～600と、光合波器30によって構成されている。なお、送信ユニット500と600の間にも複数の送信ユニットが存在しているが、それらの送信ユニットについては図示が省略されている。

【0003】送信ユニット400は、図示のように、周波数基準401、半導体レーザ光源402、温度制御回路403、電流制御回路404、制御回路405、恒温

槽406および光変調器407により構成されている。他の送信ユニット500、600、…も、この送信ユニット400と同一の内部構成を有している。

【0004】送信ユニット400において、半導体レーザ光源402は恒温槽406内に収容されている。そして、この恒温槽406の温度は、温度制御回路403により制御される。また、半導体レーザ光源402の駆動電流は、電流制御回路404により制御される。半導体レーザ光源402は、この駆動電流が与えられることにより発振し出力光を発するが、その際の発振周波数は、駆動電流の電流値および恒温槽406の温度により左右されることとなる。半導体レーザ光源402から得られる出力光の一部は、周波数基準401に出力される。この周波数基準401は、半導体レーザ光源402の出力光の周波数を測定する手段である。制御回路405は、この周波数基準401によって測定された半導体レーザ光源402の出力光の周波数に基づいて温度制御回路403および電流制御回路404の設定値を調節し、半導体レーザ光源402の発振周波数を一定の周波数に安定化する。

【0005】このように半導体レーザ光源402の発振周波数を周波数基準401を基準として安定化する理由は、半導体レーザ光源402の発振周波数確度および安定度が、周波数多重光通信に求められる性能に対して不足しているためである。

【0006】半導体レーザ光源402の出力光は、光変調器407に出力される。光変調器407は、信号入力端408を介して供給される電気信号により半導体レーザ光源402の出力光を変調する。変調器407によって変調された出力光は、光合波器30に出力される。光合波器30は、送信ユニット400の出力光および他の送信ユニットの出力光を合波し、光出力端31より光ファイバー通信ケーブルに出力する。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、従来技術による周波数多重光通信システムの送信装置においては、半導体レーザ光源の周波数安定化を個々の送信ユニットにて行っていた。そのため周波数基準も個々の送信ユニットに設ける必要があった。

【0008】また、光周波数多重通信においては隣接チャンネルとの周波数間隔が狭いため、漏話が発生しやすい。この漏話を防止するためには隣接チャンネルとの周波数間隔が常に一定となるように各チャンネルの周波数を管理する必要がある。しかし、数GHzから数十GHzもある隣接チャンネルとの周波数間隔を測定し管理することは、技術的および経済的に不可能であった。そこで、従来技術による周波数多重光通信システムの送信装置では、個々の送信ユニットの半導体レーザ光源の周波数自体を厳しい精度および安定度で制御することで、隣接チャンネルとの周波数間隔の変動を抑え、漏話の対策

を行っていた。このため、送信装置が高価なものとなっていた。

【0009】この発明は、以上説明した事情に鑑みてなされたものであり、個々の半導体レーザ光源の発振周波数自体を厳密に管理しなくても、各チャンネルに対応した出力光の周波数を一定周波数間隔または一定周波数の整数倍の間隔となるように安定化することができる周波数安定化光源を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願発明者は、上記課題を解決するための糸口をファブリ・ペロ・エタロン共振器に求めた。このファブリ・ペロ・エタロン共振器は、図3に例示するように、一定周波数間隔で共振する光透過特性を有している。また、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の各共振周波数は、種々の要因によって変動するが、その際に各共振周波数はいずれも同方向に変動する。従って、送信装置が出力する各チャンネルの信号光の各周波数をこのファブリ・ペロ・エタロン共振器の各共振周波数に一致させるような制御を行うことができれば、各チャンネルの信号光の隣接チャンネル間隔を一定に保つことができると思われる。そこで、本願発明者は、このファブリ・ペロ・エタロン共振器を利用することによる本発明の課題の解決手段を検討することとした。

【0011】まず、上記のような制御を行うための一方法として、複数の半導体レーザ光源から得られる各チャンネルに対応した出力光を1つのファブリ・ペロ・エタロン共振器に同時に入射させ、その際のファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率を検出することにより半導体レーザ光源の周波数間隔を測定するという方法が考えられる。

【0012】しかし、この方法を実施することは現実問題として不可能である。仮にこの方法を実施するものとする、ファブリ・ペロ・エタロン共振器から得られる透過光の光量を各チャンネル毎に分離して測定する必要があるが、受光素子によりこのような測定を行うことはできないからである。

【0013】別の方法として、複数の半導体レーザ光源から得られる各出力光を複数の光路に沿って大型のファブリ・ペロ・エタロン共振器に入射させ、このファブリ・ペロ・エタロン共振器から得られる各透過光を上記複数の光路の延長上に配置された複数の受光素子によって受光することにより各半導体レーザ光源の出力光毎に透過率を分離し検出する方法が考えられる。

【0014】しかし、この方法を実施した場合、製造上のばらつきにより、ファブリ・ペロ・エタロン共振器を通過する各光路間で共振周波数にずれが生じる。このように共振周波数がずれてしまえば、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の特徴を生かして隣接チャンネル間隔を一定に保つことができない。また、大型のファブリ・ペ

ロ・エタロン共振器は、温度制御を十分に行うことが困難であり、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の部位により温度差が生じやすい。そして、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の各部位間に温度差が生じると、この温度差に起因し、各光路間で共振周波数にずれが生じることとなる。

【0015】本願発明者は、以上のような検討を重ねた結果、本発明の課題を解決するためには結局のところ以下の手段を講じなければならないとの結論に達した。

10 【0016】a. 複数の半導体レーザ光源から得られる各出力光は、単一の光路に沿ってファブリ・ペロ・エタロン共振器を透過させるべきである。

20 【0017】b. 全半導体レーザ光源の出力光を同時に単一の光路に沿ってファブリ・ペロ・エタロン共振器に入射させた場合、ファブリ・ペロ・エタロン共振器から得られる透過光を各半導体レーザ光源毎に分離して測定することが困難になる。そこで、各半導体レーザ光源のうち一の半導体レーザ光源の出力光を選択し、この選択した出力光をファブリ・ペロ・エタロン共振器に供給し、当該半導体レーザ光源に対応した透過率を測定することとする。

30 【0018】本発明は、上記の結論に基づく具体的手段を提供するものである。すなわち、請求項1に係る発明は、半導体レーザ光源の温度および駆動電流を制御することにより出力光の周波数の調節が可能な複数の光源ユニットと、前記複数の光源ユニットのうち一の光源ユニットの出力光を選択する光切替器と、第1の受光素子と、ファブリ・ペロ・エタロン共振器と、前記光切替器によって選択された出力光を分岐し、前記第1の受光素子および前記ファブリ・ペロ・エタロン共振器に供給する光分岐器と、前記ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過光を受光する第2の受光素子と、前記第1の受光素子、ファブリ・ペロ・エタロン共振器、光分岐器および第2の受光素子を一定温度に保つ手段と、前記第1および第2の受光素子の各出力信号の除算を行う除算器と、前記光切替器を介して光源ユニットの出力光を選択し、この選択された光源ユニットの出力光が前記ファブリ・ペロ・エタロン共振器を透過することにより前記除算器から得られる除算結果に基づき、当該光源ユニットの半導体レーザ光源の温度および駆動電流を調節することにより当該光源ユニットの出力光の周波数を当該光源ユニットに対応して定められた目標周波数に安定化させる制御手段とを具備することを特徴とする周波数安定化光源を要旨とする。

40 【0019】また、請求項2に係る発明は、前記目標周波数が前記ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率が極大となる共振周波数の近傍の周波数であることを特徴とする請求項1記載の周波数安定化光源を要旨とする。

50 【0020】なお、従来、周波数多重光通信に利用できる精度の安定化光源を実現するために周波数基準にファ



ブリ・ペロ・エタロン共振器を用いる場合があったが、この場合にも各半導体レーザ光源毎に別々のファブリ・ペロ・エタロン共振器を用意して周波数安定化を行っていた。そのため、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の持っている隣接チャンネル間隔がほとんど変化しない性質を十分に利用できなかった。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照し、本発明の実施の形態について説明する。

【0022】A. 第1実施形態

図1はこの発明の第1実施形態の構成を示すブロック図である。本実施形態は、複数の光源ユニット100～300を有している。なお、図1において、光源ユニット200から300の間には他の複数の光源ユニットが存在しているが、これらの図示は省略されている。

【0023】まず、光源ユニット100の構成について述べる。温度制御回路101は、制御回路7により指示された目標値に従い、恒温槽103の温度を安定化する。電流制御回路102は、制御回路7より指示された目標値に従い、半導体レーザ光源104の駆動電流を安定化する。このように制御回路7による制御の下、半導体レーザ光源104の温度および駆動電流の目標値の調節がなされ、半導体レーザ光源104の出力光の周波数の制御が行われるものである。

【0024】光分岐器105は、半導体レーザ光源104の出力光を2分岐し、一方の分岐光を光出力端11より出力する。光分岐器105から得られる他方の分岐光は、光周波数検出用の信号光として光切替器1に送られる。

【0025】以上、光源ユニット100について説明したが、他の光源ユニット200～300も、この光源ユニット100と同一の構成を有している。

【0026】各光源ユニット100～300は光出力端12～13に出力光を各々出力する。同時に各光源ユニット100～300は、光切替器1に光周波数検出用の信号光を出力する。光切替器1は、各光源ユニットから出力された信号光の中からの1つを選択し、光分岐器2に出力する。この光切替器1による各光源ユニットの出力光の選択は、制御回路7による制御の下で行われる。

【0027】光切替器1から光分岐器2に供給された信号光は2分岐され、受光素子4とファブリ・ペロ・エタロン共振器3に各々供給される。受光素子4に入力された信号光は、当該信号光の光強度に対応した電気信号に変換され、除数として除算器6に供給される。

【0028】一方、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3に入力した信号光は、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3を透過し受光素子5に供給される。この透過の際、信号光には、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過特性に従い、当該信号光の周波数に応じた減衰率で減衰が付与される。ファブリ・ペロ・エタロン共振器3を透過

して受光素子5に供給された信号光は、当該信号光の光強度に対応する電気信号に変換され、被除数として除算器6に出力される。

【0029】除算器6は、受光素子4から供給された除数により受光素子5から供給された被除数を除算し、この結果得られる除算値を制御回路7に出力する。ここで、前者の除数はファブリ・ペロ・エタロン共振器3を透過する前の信号光の強度を反映しており、後者の被除数はファブリ・ペロ・エタロン共振器3を透過した後の信号光の強度を示している。従って、除算器6から得られる除算値は、当該信号光に対するファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率を反映したものとなる。そこで、本実施形態では、この除算器6から得られる除算値に対し、光分岐器4の分岐比と受光素子4および5の感度から一意に求まる係数Kが乗ずることによりファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率を求めるようにしている。

【0030】図3にファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率の周波数特性を示す。ファブリ・ペロ・エタロン共振器が図3のような透過率特性を示すのは、平行する一対の反射面間でレーザ光が共振して定在波が発生するためである。よって定在波の発生する周波数の整数倍ごとに共振が生じレーザ光が透過する。つまり一定周波数間隔でレーザ光が透過することとなる。

【0031】以上説明した光分岐器2、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3、受光素子4および5は、恒温槽9内に収められており、この恒温槽9内の温度は温度制御回路8によって制御される。従って、この温度制御回路8が行う温度制御により、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3を所定の温度に制御することができ、これにより共振周波数を調節することができる。この温度制御回路8による温度制御も制御回路7の制御下で行われるものであり、温度制御回路8は制御回路7から指示された目標値に従い、恒温槽9の温度を制御する。

【0032】次に図1および図3を参照し、制御回路7が光源ユニット100～300の各半導体レーザ光源の出力光をファブリ・ペロ・エタロン共振器3の各共振周波数に基づいて安定化する作用について説明する。

【0033】まず、制御回路7による制御下、光切替器1が光源ユニット100の信号光を選択しているものとする。この場合、光源ユニット100からの信号光は光切替器1によって選択され、この選択された信号光が光分岐器2、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3を通過し、受光素子4、5によって電気信号に各々変換され、除算器6により各電気信号の除算が行われ、この結果得られる除算値が制御回路7に供給される。

【0034】制御回路7は、除算器6から供給された除算値に上述した係数Kを乗じ、半導体レーザ光源104の発振周波数に対するファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率Aを求める。次いで制御回路7は、この透過

率Aと予め設定された目標値Bとを比較し、その差に応じた制御量で温度制御回路101または電流制御回路102の目標値を調節する。

【0035】このように温度制御回路101または電流制御回路102の目標値が変更されたことにより半導体レーザ光源104の発振周波数が変化する。そして、半導体レーザ光源104の発振周波数が変化するため、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率Aが変化する。この結果、透過率Aは制御回路7において予め設定された目標値Bに近づくこととなる。

【0036】制御回路7は、以上の手順により温度制御回路101または電流制御回路102の目標値を調節する操作を繰り返すことにより、半導体レーザ光源104の発振周波数を変化させ、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率Aを目標値Bに合せる。

【0037】次に制御回路7は光切替器1を操作し、光源ユニット200の信号光を光分岐器2に出力させる。次いで制御回路7は除算器6から供給される除算値に係数Kを乗じ、半導体レーザ光源204の発振周波数に対するファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率Cを求め

る。

【0038】次いで制御回路7は、温度制御回路201または電流制御回路202の目標値を調節することにより、半導体レーザ光源204の発振周波数を予め設定されたファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率の目標値Bに合せる操作をする。

【0039】図3に示す例は、半導体レーザ光源104および204の各発振周波数に対応するファブリ・ペロ・エタロン共振器3の各共振点は隣合っている。半導体レーザ光源104および204の各発振周波数は、これらの各共振点間の周波数差と同一の周波数差を維持した状態で安定化される。

【0040】半導体レーザ光源204の発振周波数の初期値を図3に示す周波数範囲Dの範囲内に設定した場合、制御回路7は半導体レーザ光源204の発振周波数を図3の透過率の曲線が目標値Bと交差する透過率Eに周波数安定化する。この作用は、半導体レーザ光源の発振周波数の初期値の設定により、各半導体レーザ光源の発振周波数をファブリ・ペロ・エタロン共振器3の共振周波数間隔または、共振周波数間隔の整数倍に周波数安定化できることを示す。

【0041】以下同様に、制御回路7は、光切替器1を操作し光源ユニットを順次切替え、各光源ユニットの半導体レーザ光源の発振周波数をファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率の目標値Bに対応した周波数に安定化する操作を繰り返す。以上の動作により、すべての光源ユニットの半導体レーザ光源の発振周波数がファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率の目標値Bに安定化されることとなる。

【0042】以上のように、本実施形態によれば、光切

替器1を用いて光源ユニットを順次切替えることにより、一つの小型のファブリ・ペロ・エタロン共振器3を用いて複数の光源ユニットの半導体レーザ光源の発振周波数を検出し、各光源ユニットの半導体レーザ光源の発振周波数をファブリ・ペロ・エタロン共振器3の各共振周波数に対して安定化することができる。また、光切替器1で選択された信号光は、いずれの光源ユニットからのものであるかによらず、常にファブリ・ペロ・エタロン共振器3の単一光路を通過するため、上述した光路のずれに起因するファブリ・ペロ・エタロン共振器の共振周波数のずれも発生しない。

【0043】さて、本実施形態において、半導体レーザ光源の発振周波数の目標値に対し、図3に示すファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率の最大点Fに対応した周波数が一致していないが、これは以下の理由によるものである。

【0044】まず、仮に半導体レーザ光源の発振周波数の目標値に対し、図3に示す透過率の最大点Fに対応した周波数が一致するような透過特性をファブリ・ペロ・エタロン共振器が有していたとする。また、当初、半導体レーザ光源の発振周波数がこの最大点Fに対応した周波数と一致していたとする。この状態において、何等かの理由で半導体レーザ光源の発振周波数が変動し、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率が下がったとすると、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率が最大点Fとなるように、半導体レーザ光源の発振周波数を変化させなければならない。

【0045】しかし、現在の半導体レーザ光源の発振周波数がファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率Gに対応した周波数なのか透過率Hに対応した周波数なのか不明であるため、いずれの周波数であるかを判断すべく以下のような面倒な処理が必要になる。

【0046】a. 半導体レーザ光源の発振周波数を変化させることにより、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率の変化が正方向になるか負方向になるかを測定する。

b. ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率の変化が正方向ならば透過率Gの周波数で半導体レーザ光源が発振していると判断する。

c. ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率の変化が負方向ならば透過率Hの周波数で半導体レーザ光源が発振していると判断する。

【0047】しかしながら、このように半導体レーザ光源の発振周波数を変化させたのでは、半導体レーザ光源の発振周波数を安定化するという目的の達成を却って妨げることになってしまう。

【0048】また、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率の最大点F付近では、単位周波数当りの透過率の変化量が少ないため光源ユニットの発振周波数変動の検出感度が低くなる。



【0049】そこで、本実施形態においては、半導体レーザー光源の発振周波数の目標値に対し、図3に示す透過率の最大点Fに対応した周波数ではなく、図3に示す透過率Bに対応した周波数が一致するような透過特性を有するファブリ・ペロ・エタロン共振器を使用し、この透過率Bを透過率の目標値として半導体レーザー光源の発振周波数の安定化を行うようにしたのである。すなわち、このようにしたことにより、透過率が目標値Bよりも減少した場合には半導体レーザー光源の発振周波数が目標値よりも低くなっており、透過率が目標値Bよりも増加した場合には半導体レーザー光源の発振周波数が目標値よりも高くなっていることとなり、透過率の増減方向により発振周波数の増減方向が一義的に定まることとなる。従って、半導体レーザー光源の発振周波数を不要に操作することなく目標値に安定化することができるのである。また、透過率の目標値を図3に示す目標値Bとしたため、半導体レーザー光源の発振周波数を高感度に検出できる。

【0050】本実施形態において、光切替器1の入力の一つには、光入力端10がある。これは、ファブリ・ペロ・エタロン共振器の共振周波数の確度が使用目的に対して不足していた場合、外部より周波数参照のための信号光を入力してファブリ・ペロ・エタロン共振器を較正する処理を行う際に用いられる。ここで、図1を参照し、この光入力端10を用いて行うファブリ・ペロ・エタロン共振器の較正処理について説明する。

【0051】まず、光入力端10には、周波数が既知である信号光を入力する。制御回路7は、光切替器1を操作し、光入力端10からの信号光を光分岐器2を通してファブリ・ペロ・エタロン共振器3に入力する。次いで制御回路7は、除算器6の出力より光入力端10の入力信号光の周波数に対するファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率を求める。制御回路7は換算表または計算により、信号光の周波数よりファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率の目標値を求める。

【0052】制御回路7は、透過率と目標値が等しくなるように温度制御回路8を調節する。以上の操作を繰り返すことによりファブリ・ペロ・エタロン共振器3の共振周波数を光入力端10に入力した信号光の周波数に安定化することができる。光入力端10に入力した信号光の周波数に安定化したファブリ・ペロ・エタロン共振器3を用いてすべての光源ユニットの半導体レーザー光源の発振周波数を安定化することで、各光源ユニットの出力光の周波数を光入力端10に入力した信号光の光周波数を基にして周波数安定化できる。

【0053】B. 第2実施形態

次に図2を参照してこの発明の第2実施形態について説明する。本実施形態は、周波数安定化光源を従属接続して周波数多重光通信の搬送波光源を実現したものである。図2において、周波数安定化光源21および23は、図1の装置と同じ構成である。図2の周波数安定化

光源21と23は、図1の光源ユニットを15個備えている。

【0054】各光源ユニットの出力光の周波数は、193THz帯で各光源ユニットの発振周波数の初期値は、ほぼ10GHz間隔になるように調節されている。これは、ファブリ・ペロ・エタロン共振器3の共振周波数間隔が10GHzのものをを用いるためである。

【0055】各光源ユニット内の温度制御回路は恒温槽の温度を1/1000℃単位で調節できる。従って、この各光源ユニット内の温度制御回路の温度調節により、半導体レーザー光源の発振周波数を約12MHz単位で調節することができる。

【0056】また、各光源ユニット内の電流制御回路は、半導体レーザー光源の駆動電流を0.2nA単位で調節できる。従って、この各光源ユニット内の電流制御回路の電流調節により、半導体レーザー光源の発振周波数を約0.5MHz単位で調節することができる。

【0057】光切替器1は、機械的に光路を切替える方式のものであり、16チャンネルの光入力から一つの信号光を選択して出力するものである。光切替器1の通過損失は、チャンネル間の通過損失のばらつきを含んで3dB以内である。制御回路7が光切替器1を隣接チャンネルへ切り替え、除算器6より光切替器1が選択した信号光の光周波数に対する除算値を取得するまでの時間は、0.1秒である。光切替器1が16チャンネルすべてを掃引して基点に戻るまでに2秒を要する。よって各光源ユニットは2秒間隔で周波数安定化のための制御を受ける。

【0058】ファブリ・ペロ・エタロン共振器3の共振周波数を安定化する温度制御回路8は、恒温槽9の温度を1/10000℃単位で調節することができる。温度制御回路8は、恒温槽9の温度を使用温度範囲において短期温度安定度を、5/10000℃以下に保つことができる。除算器6から出力される除算値は、透過率換算で0.03%の分解能を持っている。これはファブリ・ペロ・エタロン共振器3に入射する信号光の周波数に換算して0.5MHzになる。

【0059】このような性能を持った部品で構成する周波数安定化光源21および23は、単独で動作させることができる。単独で動作させた場合は、発振周波数較正後、一ヶ月以内であれば±500MHz以内の周波数確度を有する。各光源ユニットの発振周波数間隔は10GHz±50MHz以内を保つことができる。

【0060】周波数基準光源20は発振周波数が既知な信号光を出力できる。周波数基準光源20の出力は、周波数安定化光源21の光入力端22に入力する。周波数安定化光源21は、光入力22に入力した周波数基準光源20の出力光の周波数により周波数安定化光源21に内蔵されたファブリ・ペロ・エタロン共振器の共振周波数を較正する。周波数安定化光源21を周波数基準光源



20の出力光で較正することにより、周波数安定化光源21の周波数確度は、周波数基準光源20の出力光の周波数確度をのぞいて $\pm 100\text{MHz}$ 以内にする事ができる。各光源ユニットの発振周波数間隔の確度は $\pm 50\text{MHz}$ 以内で変らない。

【0061】周波数安定化光源21の光源ユニットの中で周波数安定化光源23の各光源ユニットが発振する周波数に一番近い光出力を、光分岐器25で分岐し周波数安定化光源23の光入力24に入力する。周波数安定化光源23は、光入力24に入力した周波数安定化光源21の出力光の周波数により周波数安定化光源23に内蔵されたファブリ・ペロ・エタロン共振器の共振周波数を較正する。

【0062】周波数安定化光源23を周波数安定化光源21の出力光で較正することにより、周波数安定化光源23の周波数確度は、周波数基準光源20の出力光の周波数確度をのぞいて $\pm 40\text{MHz}$ 以内にする事ができる。周波数安定化光源23に内蔵された各光源ユニットの発振周波数間隔の確度は $\pm 50\text{MHz}$ 以内である。周波数安定化光源21の各光源ユニットと周波数安定化光源23の各光源ユニットとの周波数間隔は $10\text{GHz}$ の整数倍になるが、その誤差は、 $\pm 100\text{MHz}$ 以内になる。

【0063】本実施形態の周波数安定化光源21および23のように、周波数安定化光源を従属接続することにより一定周波数間隔に管理された複数の出力光を発生させることができる。また、このように従属接続することで、少ない従属接続数で一定周波数間隔に管理された多数の出力光を発生させることができる。

【0064】図2の実施形態の周波数安定化光源21および23の各光源ユニットの発振周波数を測定できる場合には、制御回路内に予め保持している図3のファブリ・ペロ・エタロン共振器3の透過率の目標値Bを光源ユニットごとに補正することで、より周波数確度の高い光出力を提供できる。

【0065】

【発明の効果】この発明によれば、複数の半導体レーザ光源を使用して一定周波数間隔の複数のレーザ出力光を発生する周波数安定化光源において、個々の半導体レーザ光源の発振周波数自体を厳密に管理しなくても、各半

\* 導体レーザ光源の出力光の周波数を一定周波数間隔または一定周波数の整数倍の間隔となるように安定化することができるといふ効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施形態による周波数安定化光源の構成図である。

【図2】この発明の第2実施形態である周波数多重通信光源の例である。

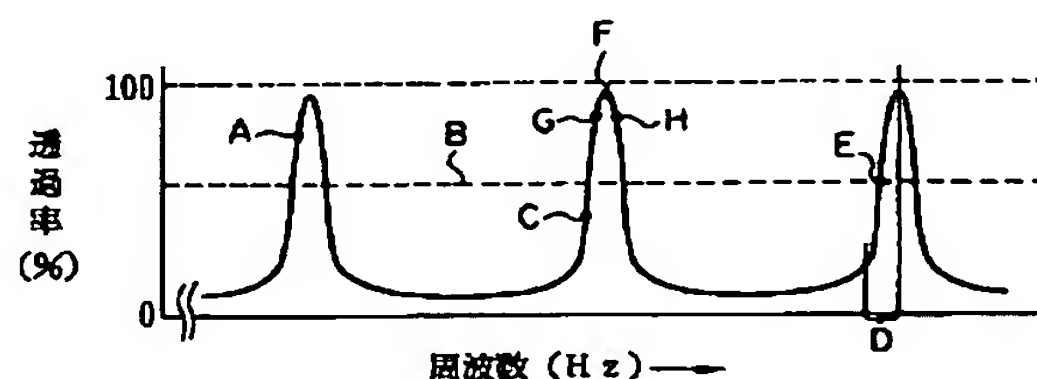
【図3】ファブリ・ペロ・エタロン共振器の透過率の周波数特性である。

【図4】従来技術を用いた周波数多重光通信送信装置の例である。

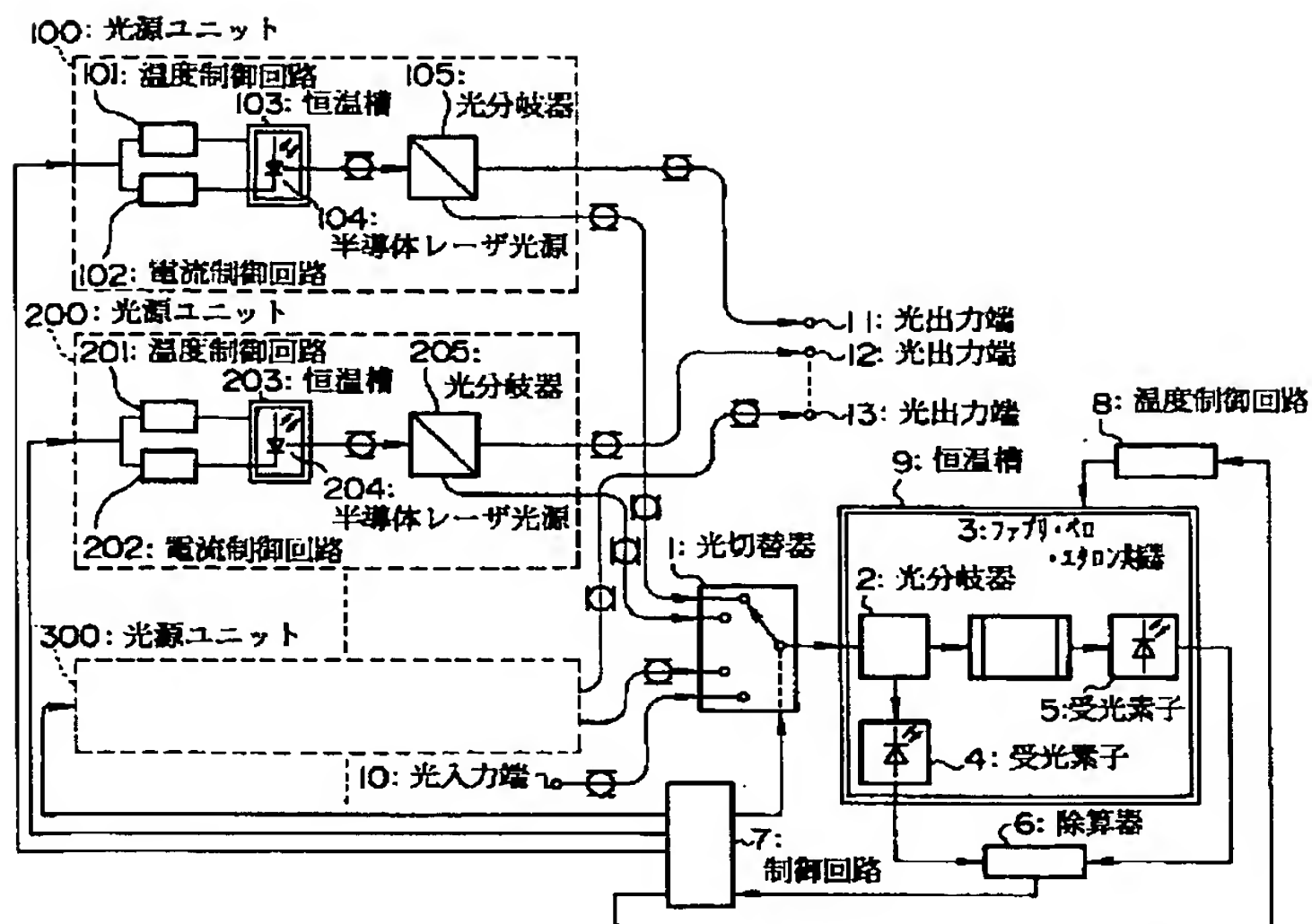
【符号の説明】

- |     |                 |
|-----|-----------------|
| 1   | 光切替器            |
| 2   | 光分岐器            |
| 3   | ファブリ・ペロ・エタロン共振器 |
| 4   | 受光素子            |
| 5   | 受光素子            |
| 6   | 除算器             |
| 7   | 制御回路            |
| 8   | 温度制御回路          |
| 9   | 恒温槽             |
| 10  | 光入力端            |
| 11  | 光出力端            |
| 12  | 光出力端            |
| 13  | 光出力端            |
| 100 | 光源ユニット          |
| 101 | 温度制御回路          |
| 102 | 電流制御回路          |
| 103 | 恒温槽             |
| 104 | 半導体レーザ光源        |
| 105 | 光分岐器            |
| 200 | 光源ユニット          |
| 201 | 温度制御回路          |
| 202 | 電流制御回路          |
| 203 | 恒温槽             |
| 204 | 半導体レーザ光源        |
| 205 | 光分岐器            |
| 300 | 光源ユニット          |

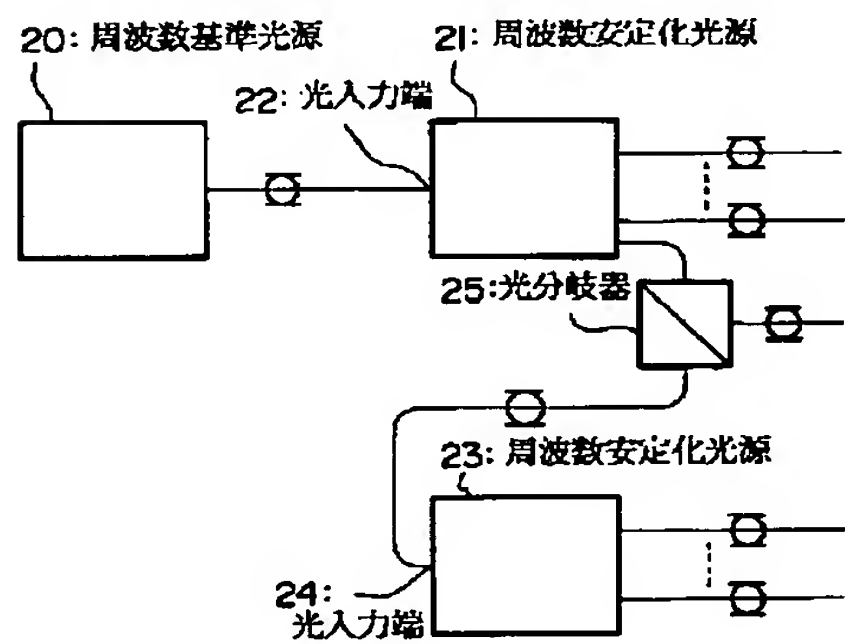
【図3】



【図1】



【図2】



【図4】

